

УДК 621.319.7.001.24

ОБ ОДНОМ ИЗ ПРИЕМОВ ДЕЛЕНИЯ ПОТОКА В МЕТОДЕ ОЖИДАЕМЫХ ПУТЕЙ ПОТОКА

П. П. ГАЛИНСКИЙ

(Представлена научным семинаром кафедры ТОЭ)

В инженерной практике нередко возникает необходимость исследования поля системы тел, для которой точный аналитический расчет если и возможен, то весьма громоздок. Для оценочных расчетов, определяющих направление поиска или область возможных значений параметров конструируемых устройств, необходимые исходные данные можно получить путем моделирования поля. Однако создание моделирующего устройства и подготовка эксперимента требуют много времени. Графический метод построения картины поля также не является достаточно удобным для этих целей. Наиболее подходящим для ряда таких случаев, очевидно, может стать графоаналитический метод ожидаемых путей потока [1].

Обычно в методе ожидаемых путей потока поток вектора поля делится на части по соображениям симметрии. Этот принцип деления потока не всегда приводит к цели в случае системы двух и более тел с заданной разностью потенциалов между телами и в случае уединенного тела, форма которого позволяет разделить поток вектора, исходящий от этого тела, на части.

В излагаемом варианте графоаналитического метода потоки сначала делятся на части путем эскизного построения картины поля. Для отдельных частей, сводимых к набору простейших тел (части цилиндров, торов, шаровых секторов и т. д.), рассчитывается в первом приближении проводимость (емкость). Затем делается некоторое перераспределение площадей конца потока вектора поля между выделенными площадями истока вектора поля. Если при этом произойдет увеличение суммы проводимостей для потока, то делается дальнейшее перераспределение площадей в том же направлении (увеличение, например, 1-й площади по сравнению со 2-й).

Такое изменение делается до тех пор, пока проводимость не начнет уменьшаться. Максимальная проводимость будет соответствовать истинному распределению потока. Расчет можно уточнить, если увеличить число частей, на которые делится поток. Однако при этом существует, очевидно, оптимальный предел числа частей деления потока, который может быть оценен по относительному изменению суммарной проводимости для потока вектора поля. Увеличение числа частей потока нецелесообразно, если процент изменения максимума проводимости станет меньше заданной погрешности.

Описанный прием деления потока наиболее целесообразен при монотонно расширяющемся пространстве на пути потока. Если пространство пути потока имеет ограниченное число расширений, сужений и постоянных сечений, то после деления пути потока на части по местам сужений могут быть использованы результаты расчетов близких по конфигурации полей, имеющих аналитическое решение.

В качестве примера рассчитываем проводимость G растекания тока от заземляющей трубы длиной l , оканчивающейся полусферой одинакового с трубой радиуса. Окружающая трубу среда имеет постоянную удельную проводимость γ . Сопротивление контакта между трубой и средой будем считать равным нулю. Труба — первый электрод, второй электрод — сфера бесконечного радиуса.

Поверхность первого электрода — заземлителя делим на две части: цилиндрическую и полусферу. На соответствующие части требуется разделить бесконечную поверхность второго электрода, но это сделать графически без отображения невозможно, поэтому следует допустить, что на обозримом расстоянии, например, на расстоянии 4—5 максимальных размеров первого электрода эквипотенциальная поверхность повторяет поверхность второго электрода, т. е. является в данном случае полусферой. Поверхность этой полусферы делим пропорционально частям поверхности первого электрода и таким образом определяем границу частей потока в первом приближении. Линия вектора проводится перпендикулярно эквипотенциальной поверхности первого электрода и второго электрода. Начало и конец граничной линии соединяются плавной линией в соответствии с известными правилами построения картины поля.

После построения граничных поверхностей раздела потока проводятся эквипотенциали, которые позволяют задать закон изменения сечения потока в функции расстояния от одного из электродов или от оси вращения (для поля тел вращения) по средней линии потока. Этот закон задается удобным для интегрирования с целью определения проводимости или сопротивления. В случае линейного закона сечение потока

$$S(x) = S_1 + \frac{S_2 - S_1}{d} x, \quad (1)$$

где

S_1, S_2 — минимальное и максимальное сечения части потока (на электродах),

d — максимальное значение расстояния x сечения потока от первого электрода по средней линии потока. Дифференциальное сопротивление на пути равномерно расширяющегося потока

$$dR = \frac{dx}{\gamma S(x)}.$$

После интегрирования и подстановки пределов полное сопротивление для части потока

$$R = \frac{d}{\gamma (S_2 - S_1)} \ln \frac{S_2}{S_1}. \quad (2)$$

Если в выражении (1) отношение $\frac{x}{d}$ взять во второй степени, то вместо (2) получим

$$R = \frac{d}{\gamma S_1} \cdot \frac{\operatorname{arctg} m}{m}, \quad m = \left(\frac{S_2}{S_1} - 1 \right)^{0.5}. \quad (2a)$$

Зависимость (1) можно заменить кусочно-линейной или другой функцией в соответствии со степенью расширения пространства на пути потока (поле, близкое к равномерному, цилиндрическому, сферическому и т. п.). В конкретных случаях вид зависимости сечения от координат и выражение дифференциального сопротивления могут быть уточнены.

Определив сопротивления и проводимости обеих частей потока, делаем некоторое малое перераспределение поверхности второго электрода между выделенными частями поверхности первого электрода, повторяем расчет суммарной проводимости и сравниваем с проводимостью первого приближения. Если она возросла, то перераспределение усугубляем в том же направлении и делаем это до тех пор, пока не найдем максимума проводимости, которую следует принять за истинную.

Умножив разность потенциалов между электродами на проводимость полученных трубок тока, можно определить ток в каждой трубке и затем, поделив ток на сечение трубки в характерных местах, можно найти среднюю в этих сечениях плотность тока и среднюю напряженность поля.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Говорков. Электрические и магнитные поля. ГЭИ, 1960.
-